

CÔNG NGHỆ TRỘN SÂU TẠO CỌC XI MĂNG ĐẤT VÀ KHẢ ỨNG DỤNG ĐỂ GIA CỐ NỀN ĐÈ ĐẬP

TS. Nguyễn Quốc Dũng

KS. Phùng Vĩnh An

Viện Khoa học Thuỷ lợi

Tóm tắt: Công nghệ trộn sâu (DM) tạo cọc xi măng-đất (XMĐ) bằng cách trộn xi măng với đất tại chỗ- dưới sâu. Công nghệ cọc XMĐ sử dụng khá rộng rãi trong xử lý nền móng các công trình xây dựng. Ở Việt nam gần đây cọc XMĐ mới được đưa vào ứng dụng trong một số dự án giao thông, xây dựng và thuỷ lợi. So sánh với một số giải pháp xử lý nền hiện có công nghệ cọc XMĐ có ưu điểm là khả năng xử lý sâu (đến 50m), thích hợp với đất yếu (từ cát thô cho đến bùn yếu), thi công được cả trong điều kiện nền ngập sâu trong nước hoặc điều kiện hiện trường chật hẹp, trong nhiều trường hợp nó đưa lại hiệu quả kinh tế rõ rệt so với các giải pháp khác.

Bài báo giới thiệu về công nghệ cọc XMĐ và khả năng ứng dụng để cải tạo nền các công trình xây dựng nói chung, nền đê đập nói riêng. Bài báo còn trình bày một ví dụ cụ thể tính toán xử lý nền cho đập Lê-chân (Hà nam) để so sánh với các giải pháp khác về khả năng thi công và hiệu quả kinh tế.

Summary: Deep mixing method creates soilcrete columns by mixing cement with ground in deep. Now DM is a grout treatment, improvement, and support method of global application and increasing popularity and value. However DM was just applied in Vietnam recently in some projects. In comparison with existing grout treatment methods, DM has advantages in following respects: deep treatment (to deep of 50m), good for many kinds of weak soils (from sand to slurry), it can be implemented in conditions of narrow spaces or submerse foundations, in many projects it proved high economical efficiencies in comparison with existing methods.

1- TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TRỘN SÂU

Công nghệ trộn sâu (DM) tạo cọc xi măng-đất (XMĐ) là công nghệ trộn xi măng với đất tại chỗ- dưới sâu. Cọc XMĐ sử dụng khá rộng rãi trong xử lý nền móng các công trình xây dựng. Mục đích gia cố của công nghệ là làm tăng cường độ, khống chế biến dạng, giảm tính thấm của đất yếu hoặc đất co ngót hoặc để vệ sinh các khu nhiễm độc. Nói tóm lại là làm thay đổi đất, nâng cao chất lượng của đất bằng cách cứng hoá tại chỗ.

Những nước ứng dụng công nghệ DM nhiều nhất là Nhật bản và các nước vùng Scandina-ver. Theo thống kê của hiệp hội CDM (Nhật Bản), tính chung trong giai đoạn 80~96 có 2345 dự án, sử dụng 26 triệu m³ BTĐ. Riêng từ 1977 đến 1993, lượng đất gia cố bằng DM ở Nhật vào khoảng 23.6 triệu m³ cho các dự án ngoài biển và trong đất liền, với khoảng 300 dự án. Hiện nay hàng năm thi công khoảng 2 triệu m³. Đến 1994, hãng SMW Seiko đã thi công 4000 dự án trên toàn thế giới với 12.5 triệu m² (7 triệu m³).

Tạp chí Tin tức kỹ thuật (ENR) thường xuyên thông báo các thành tựu của DM ở Nhật Bản, chẳng hạn số 1983 đăng kết quả ứng dụng cho các công trình nền móng thi công trong nước, số 1989 về tác dụng chống động đất, số 1986 về các tường chống thấm. Hàng năm, các hội nghị về các công nghệ gia cố nền được tổ chức tại Tokyo, trong hội nghị nhiều thành tựu mới nhất về khoan phụt và DM đã được trình bày.

Tại Trung Quốc, công tác nghiên cứu bắt đầu từ năm 1970, mặc dù ngay từ cuối những năm 1960, các kỹ sư Trung Quốc đã học hỏi phương pháp trộn vôi dưới sâu và CDM ở Nhật bản. Thiết bị DM dùng trên đất liền xuất hiện năm 1978 và ngay lập tức được sử dụng để xử lý nền các khu công nghiệp ở Thượng Hải. Tổng khối lượng xử lý bằng DM ở Trung Quốc cho đến nay vào khoảng trên 1 triệu m³. Từ năm 1987 đến 1990, công nghệ DM đã được sử dụng ở Cảng Thiên Tân để xây dựng 2 bến cập tàu và cải tạo nền cho 60 ha khu dịch vụ. Tổng cộng 513000m³ đất được gia cố, bao gồm các móng kê, móng của các tường chắn phía sau bến cập tàu.

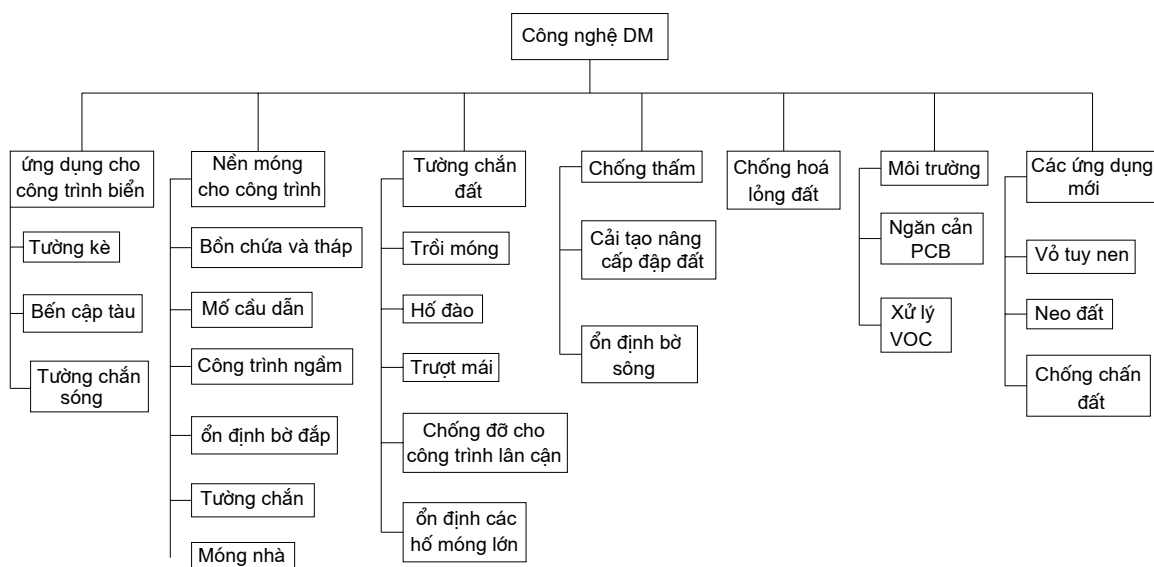
Đến năm 1992, một hợp tác giữa Nhật và Trung Quốc đã tạo ra sự thúc đẩy cho những bước đầu tiên của công nghệ CDM ở Trung Quốc, công trình hợp tác đầu tiên là cảng Yantai. Trong dự án này 60.000m³ xử lý ngoài biển đã được thiết kế và thi công bởi chính các kỹ sư Trung Quốc (Tang, 1996)

Một số nghiên cứu khác liên quan tới DM ở Đông Nam Á như sử dụng các cột vôi đất xử lý đất hữu cơ ở Trung Quốc (Ho, 1996), các hố đào sâu ở Đài Loan (Woo, 1991) và một số dự án khác nhau ở Singapore (Broms, 1984).

Tại Châu Âu, nghiên cứu và ứng dụng bắt đầu ở Thụy Điển và Phần Lan. Trong năm 1967, Viện Địa chất Thụy Điển đã nghiên cứu các cột vôi (SLC) theo đề xuất của Jo. Kjeld Páuc sử dụng thiết bị theo thiết kế của Linden- Alimak AB (Rathmayer, 1997). Thử nghiệm đầu tiên tại sân bay Ska Edeby với các cột vôi có đường kính 0.5m và chiều sâu tối đa 15m đã cho những kinh nghiệm mới về các cột vôi cứng hoá (Assarson và nnk, 1974). Năm 1974, một đê đất thử nghiệm (6m cao 8m dài) đã được xây dựng ở Phần Lan sử dụng cột vôi đất, nhằm mục đích phân tích hiệu quả của hình dạng và chiều dài cột về mặt khả năng chịu tải (Rathmayer và Liminen, 1980).

Từ những năm 1970 và đến những năm 1980, các công trình nghiên cứu và ứng dụng tập trung chủ yếu vào việc tạo ra vật liệu gia cố, tối ưu hoá hỗn hợp ứng với các loại đất khác nhau. Broms and Boman (1977) tổng kết kinh nghiệm thu được từ phương pháp SLC trong quyển sách hướng dẫn đầu tiên về công nghệ này. Sau đó một số nhà nghiên cứu khác (Niemininen 1977; Viitanen, 1977; Kujala, 1982) đã nghiên cứu ứng dụng thạch cao, tro bay làm chất độn để vôi hoá nhanh hơn. Bài báo giới thiệu công nghệ mới của Eggestad (1983) liên quan đến các hợp chất hoá học dùng để chế tạo chất gia cố sử dụng trong công nghệ cọc vôi đất.

Có thể phân loại những ứng dụng của công nghệ DM như trong hình 1:



Hình 1- Tổng kết các ứng dụng của công nghệ DM theo A.Porbaha và nnk

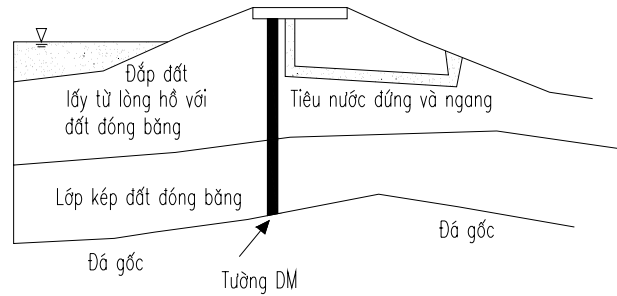
Xu hướng phát triển của công nghệ DM trên Thế giới hiện nay hướng vào việc khai thác mặt mạnh của DM. Khi mới phát minh, yêu cầu đối với DM ban đầu chỉ là nhằm đạt được cường độ cao và chi phí thấp; nhưng gần đây do những nan giải trong xây dựng đã đặt ra những yêu cầu cao hơn về sự tin cậy và hoàn chỉnh của công nghệ. Ưu thế quan trọng của công nghệ này là ở chỗ nó cho phép xử lý tại chỗ và cô lập các chất ô nhiễm trong đất, hứa hẹn cho những nghiên cứu tiếp tục. Trong lĩnh vực chống động đất, người ta đang tiếp tục nghiên cứu ứng dụng DM nhằm ngăn chặn sự hoá lỏng đất, tìm ra những phương án có hiệu quả kinh tế, sử dụng vật liệu có sợi để chịu được uốn khi có động đất.

2. GIỚI THIỆU MỘT SỐ DỰ ÁN ỨNG DỤNG CỌC XMĐ TRÊN THẾ GIỚI

Sau đây giới thiệu một số công trình tiêu biểu có liên quan đến ổn định nền đề đập đã thành công trên thế giới. Còn nhiều ví dụ nữa không trình bày ở đây do khuôn khổ bài báo.

Đập đất

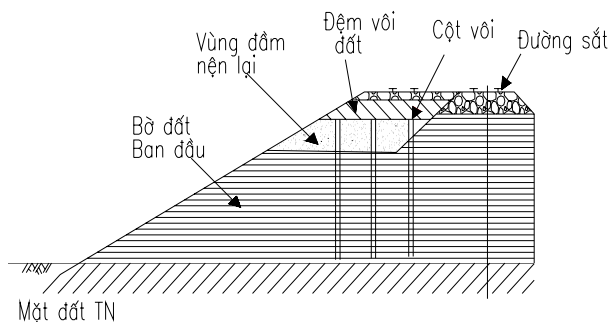
Tại Mỹ, việc xử lý và nâng cấp các đập đất nhằm đáp ứng mục tiêu an toàn trong vận hành và ngăn ngừa hiện tượng thấm rất được quan tâm. DM đã được ứng dụng để nâng cấp các đập đất hiện có, tạo ra các tường chống thấm. Để kiểm soát dòng thấm, các tường bằng bê tông đất được cắm vào đá gốc xuyên qua đập đất và lớp trầm tích như hình 2. Tường dày 0.6m và dài 51~61m, sâu 43m. Cường độ nén của vật liệu là 2254 kPA, hệ số thấm $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$. Hàm lượng xi măng 350~550kg/m³. Tổng diện tích tường là 1733m². Một trường hợp khác là ở hồ Jackson Lake, tường chống thấm bằng bê tông đất được xây dựng để chống thấm và ngăn ngừa nền có khả năng hoá lỏng khi có động đất. Còn tại đập Lockington, tường bê tông đất làm nâng cao lõi chống thấm để đảm bảo yêu cầu an toàn.



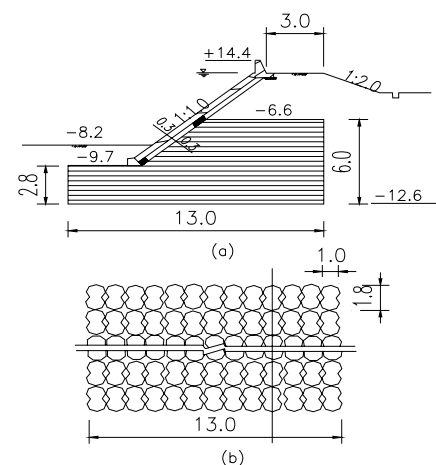
Hình 2. Dự án sửa chữa đập đất ở Mỹ (Yang và Takeshima, 1994)

Ổn định bờ sông

Tại Bungari, nền đường sắt thường được xây dựng bằng sét macma vì khó kiếm ra đất tốt. Loại đất này là rất khó đầm nén do đó nền đường thường bị lún nghiêm trọng. Người ta đã sử dụng các cột DM đường kính 0.25m cách nhau 2.5m để gia cố như hình 3. Tại đây đã sử dụng 456 cọc dài 8 ~ 9m với cường độ thiết kế là 0.235 Mpa, kết quả sau xử lý cho thấy không có dấu hiệu lún mặc dù tốc độ tàu chạy 100 ~ 120 km/h. Hình 4 trình bày mặt bằng và cắt ngang của bờ sông ở Kumamoto – ken, đảo Kyushu, Nhật bản, Tại đây 5628m³ cọc xi măng đất đã được xây dựng để ngăn ngừa trượt lở bờ sông.



Hình 3. Mặt cắt ngang của bờ đường sắt được gia cố ở Bungari



Hình 4. Ổn định mái bờ sông ở Nhật. (a) mặt cắt ngang; (b) mặt bằng

3- CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC XMĐ

Hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc XMĐ là: Công nghệ trộn khô (Dry Mixing) và Công nghệ trộn ướt (Wet Mixing).

Công nghệ trộn khô (Dry Mixing): Công nghệ này sử dụng cần khoan có gắn các cánh cắt đất, chúng cắt đất sau đó trộn đất với vữa XM bơm theo trục khoan. Ưu điểm của công nghệ trộn khô: Thiết bị thi công đơn giản; Hàm lượng XM sử dụng ít hơn ; quy trình kiểm soát chất lượng đơn giản hơn công nghệ trộn ướt. Nhược điểm của công nghệ trộn khô: Do cắt đất bằng các cánh

cất nên gặp hạn chế trong đất có lẫn rác, đất sét, cuội đá, hoặc khi cần xuyên qua các lớp đất cứng hoặc tấm bê tông; Không thi công được nếu phân xử lý ngập trong nước. Chiều sâu xử lý trong khoảng 15 ~ 20m.

Công nghệ trộn ướt (hay còn gọi là Jet-grouting): Phương pháp này dựa vào nguyên lý cắt nham thạch bằng dòng nước áp lực. Khi thi công, trước hết dùng máy khoan để đưa ống bơm có vòi phun bằng hợp kim vào tới độ sâu phải gia cố (nước + XM) với áp lực khoảng 20 MPa từ vòi bơm phun xả phá vỡ tầng đất. Với lực xung kích của dòng phun và lực li tâm, trọng lực... sẽ trộn lẫn dung dịch vữa, rồi sẽ được sắp xếp lại theo một tỉ lệ có qui luật giữa đất và vữa theo khối lượng hạt. Sau khi vữa cứng lại sẽ thành cột XMĐ.

Ưu điểm của công nghệ Jet-grouting: Phạm vi áp dụng rộng, khi cần xuyên qua các lớp đất cứng hoặc tấm bê tông cũng có thể làm được; thi công được trong nước. Phạm vi xử lý đến 50m. Nhược điểm của công nghệ Jet-grouting: Hàm lượng XM sử dụng nhiều hơn trộn khô do có XM đi theo dòng trào ngược; thiết bị thi công phức tạp, đòi hỏi người vận hành phải thành thạo;

4. TÌNH HÌNH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRỘN SÂU Ở VIỆT NAM

Công nghệ DM đã được miêu tả trong quyển “Xử lý sự cố nền móng công trình” của GS Nguyễn Bá Kế xuất bản năm 2000. Năm 2002, Viện KHCN Xây dựng đã có đề tài nghiên cứu về cọc Ximăng - vôi. Hiện nay, Bộ xây dựng đang chuẩn bị ban hành Tiêu chuẩn thiết kế cọc XMĐ.

Năm 2002, đã có một số dự án bắt đầu ứng dụng cọc XMĐ vào xây dựng các công trình trên nền đất yếu ở Việt nam. Cụ thể như: Dự án cảng Ba Ngòi (Khánh hoà) đã sử dụng 4000m cọc XMĐ có đường kính 600cm thi công bằng trộn khô; xử lý nền cho bồn chứa xăng dầu đường kính 35m, cao 4m ở Cần Thơ. Năm 2003, một Việt kiều ở Nhật đã thành lập công ty xử lý nền móng tại TP Hồ Chí Minh, ứng dụng thiết bị trộn khô để tạo cọc XMĐ lồng ống thép. Cọc XMĐ lồng ống thép cho phép ứng dụng cho các nhà cao tầng (đến 15 tầng) thay thế cho cọc nhồi, rẻ và thi công nhanh hơn. Năm 2004 cọc XMĐ được sử dụng để gia cố nền móng cho nhà máy nước huyện Vụ Bản (Hà nam), xử lý móng cho bồn chứa xăng dầu ở Đình vũ (Hải phòng). Các dự án trên đều sử dụng công nghệ trộn khô, độ sâu xử lý trong khoảng 20m. Tháng 5 năm 2004, các nhà thầu Nhật bản đã sử dụng Jet - grouting để sửa chữa khuyết tật cho các cọc nhồi của cầu Thanh trì (Hà nội). Năm 2005, một số dự án cũng đã áp dụng cọc XMĐ như: dự án thoát nước, khu đô thị Đồ Sơn - Hải phòng, dự án đường cao tốc TP Hồ Chí Minh đi Trung Lương, dự án cảng Bạc Liêu,...

Năm 2004, Viện Khoa học Thủy lợi đã tiếp nhận chuyển giao công nghệ khoan phụt cao áp (Jet-grouting) từ Nhật bản. Đề tài đã ứng dụng công nghệ và thiết bị này trong nghiên cứu sức chịu tải của cọc đơn và nhóm cọc, khả năng chịu lực ngang, ảnh hưởng của hàm lượng XM đến tính chất của XMĐ,... nhằm ứng dụng cọc XMĐ vào xử lý đất yếu, chống thấm cho các công trình thủy lợi. Nhóm đề tài cũng đã sửa chữa chống thấm cho Cống Trại (Nghệ an), cống D10 (Hà Nam), Cống Rạch C (Long an).

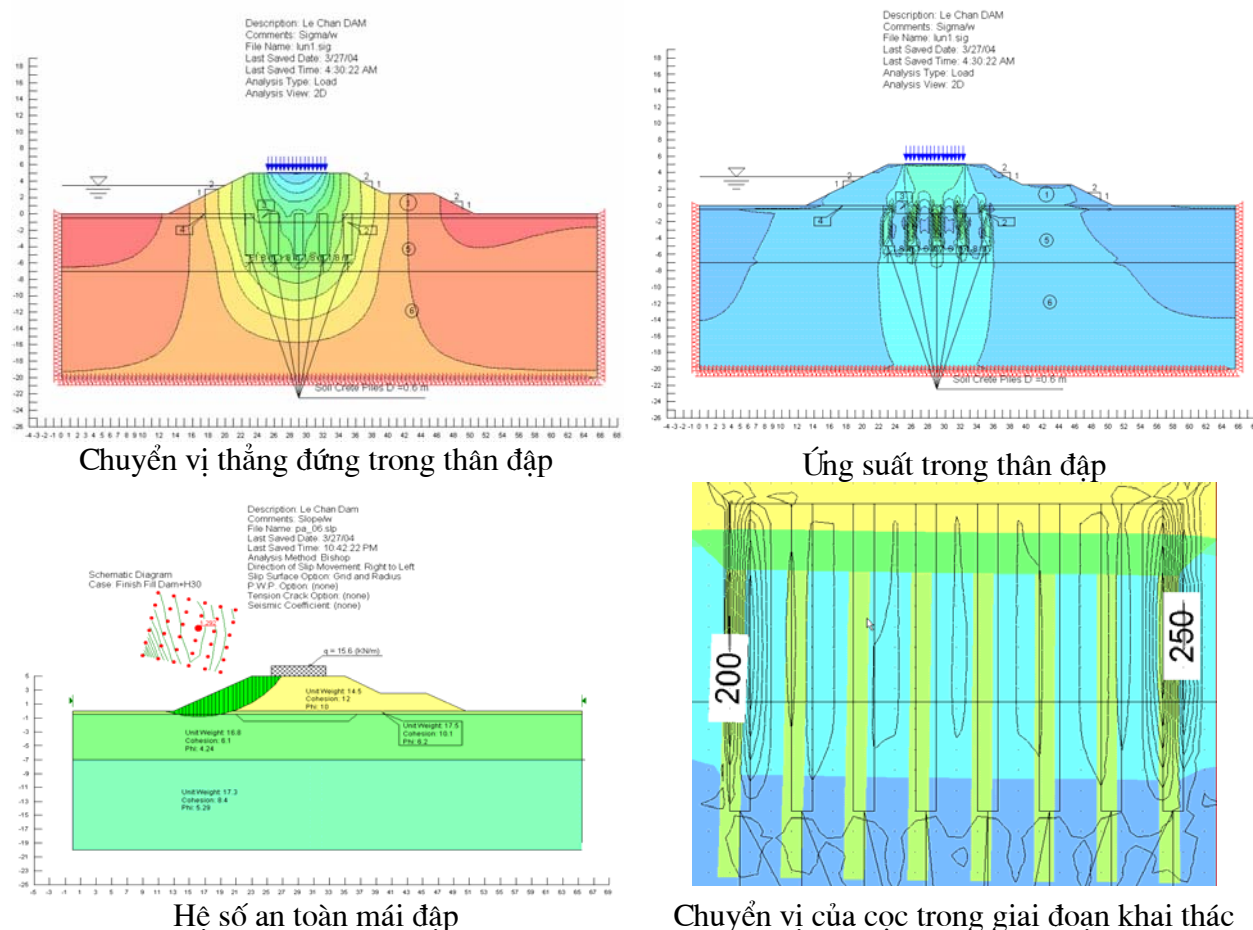
5. VÍ DỤ VỀ THIẾT KẾ XỬ LÝ NỀN ĐẬP LÊ CHÂN, TỈNH HÀ NAM

Đường Lê Chân kéo dài, đoạn qua hồ Lạt Sơn kết hợp làm đập giữ nước phía thượng lưu. Chiều rộng mặt đập (kể cả lè) là 24m, chiều cao đập $H = 5\text{m}$, mái $m = 2$, đất đắp dung trọng $1,45\text{ t/m}^3$; tải trọng xe H30/XB80; mực nước hồ sâu 3m; chiều dày nền đất yếu 20m có các chỉ tiêu cơ lý như sau: $\varphi = 4 - 6^\circ$; $c = 6 - 10\text{ KN/m}^2$; $\mu = 0,44 - 0,46$; $E = 450 - 650\text{ KPa}$.

Theo thiết kế ban đầu hệ số trượt sâu $K_{\min} = 0,712 - 0,836$; lượng lún cố kết $S_c = 110\text{cm}$; lượng lún còn lại $\Delta S_c = 82\text{ cm} > [40\text{cm}]$ không đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn 22 TCN 262- 2000 của Bộ GTVT.

Để ổn định lún lâu dài cho khai thác sau này, cũng như để giữ nước trong hồ chứa, cơ quan thẩm định là Cty tư vấn thiết kế đường bộ đề xuất xử lý đất yếu bằng cọc XMĐ. Viện khoa học thủy lợi tham gia tính toán thiết kế. Chiều sâu xử lý cọc XMĐ dài $l = 10\text{m}$ tính từ mặt đất thiên nhiên; đường kính cọc $D = 60\text{ cm}$; hàm lượng XM $= 12\%$ tương đương 60 kg/m dài. Trong đó hàng cọc phía thượng lưu thi công sát nhau kết hợp làm cừ chống thấm.

Kết quả tính toán ổn định $K_{\min} = 1,292$; lượng lún cố kết $S_c = 87\text{cm}$; lượng lún còn lại sau khi thi công xong là $12\text{ cm} < [40\text{cm}]$.



Hình 5 - Kết quả tính toán xử lý ổn định bằng cọc xi măng đất

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công nghệ trộn sâu hứa hẹn một TBKT có nhiều triển vọng ứng dụng trong việc gia cố và cải tạo nền móng của các công trình thủy lợi, giao thông và xây dựng. Đây là một vấn đề tương đối mới mẻ, ngay cả các nước đã ứng dụng công nghệ này hàng chục năm trở lại đây, nhưng hiện nay vẫn đang có những chương trình nghiên cứu tiếp tục. Chúng tôi kiến nghị cần thiết phải tiến hành một số đề tài nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực này như: Xây dựng tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu; xây dựng tiêu chuẩn thí nghiệm vật liệu XMD, trong đó đặc biệt quan tâm đến thí nghiệm hiện trường; nghiên cứu ứng dụng cọc XMD nhằm giải quyết các vấn đề của thực tế sản xuất đạt hiệu quả kinh tế và kỹ thuật.

Tài liệu tham khảo:

1. ***Báo cáo kết quả thí nghiệm cọc và vật liệu XMD*** tại bãi thử cọc Đồ sơn – Hải phòng của đề tài Cống dưới đê, năm 2004 do Viện KHTL chủ trì.
2. Nguyễn Bá Kế “***Sự cố nền móng công trình***”; Nhà xuất bản Xây dựng, năm 2000
3. A.Porbaha at all: “ ***State of the art in deep mixing technology***” part II and II:- Ground improvement (1998);
4. Báo cáo đề tài cấp Bộ: ***Nghiên cứu cọc Ximăng- vôi - đất***, Viện KH-CN Xây dựng năm 2002;